

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 秘密 _____

学号: 200328005

UDC _____

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

基于临床 CT 数据的虚拟肝脏及手术计划
系统关键技术研究

Research on Key Techniques of Hepatic
Virtualization and Surgery Planning System
Based on Clinic CT Dataset

陈 昱

指导教师姓名: 王博亮 教授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2006 年 4 月

论文答辩日期: 2006 年 6 月

学位授予日期: 2006 年 月

答辩委员会主席: 周昌乐

评 阅 人: _____

2006 年 4 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Typeset by L^AT_EX 2_ε at June 7, 2006

With package X_Mthesis v0.2 from Yu Chen

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密()，在 年解密后适用本授权书。

2、不保密()。

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名:

日期: 年 月 日

导师签名:

日期: 年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

人体器官的建模与仿真是当前国际上生物医学工程领域研究的前沿课题,它涉及了医学,计算机科学,物理学,电子学等多个学科领域,是一项多学科交叉的研究课题。肝脏作为人体最大的实质性脏器,其建模仿真与手术计划系统的实现具有十分重要的临床意义。

本文针对虚拟肝脏及其手术计划系统中若干关键技术进行了系统深入地研究:首先,文章详细研究了现有的图像分割算法对 CT 图像的分割效果,探索出一种针对临床病人的腹腔 CT 图像特点进行提取肝脏表面轮廓的算法;在此基础上,实现了肝脏的体积测量和密度计算。其次,对医学可视化中的一项重要技术—体绘制技术进行了研究,针对传统体绘制算法绘制速度慢和医学影像数据量大的特点,采用可编程图形硬件和纹理分块方法实现了较大规模的实时体绘制算法。最后,系统研究了虚拟现实中的立体视觉的原理和实现方法,并在实践中对影响立体显示效果的一些因素进行了研究。

本文的研究工作内容及创新主要包括以下几点:

- 针对临床病人的 CT 图像的特点,提出了改进的基于区域竞争的活动轮廓法,并采用水平集方法求解曲线演化问题,较好地实现了肝脏表面轮廓的提取分割。实验表明,相对于纯手工分割方法,此方法在效率上有大幅度的提高;而与全自动分割相比,其准确率更好,可靠性高。
- 在肝脏轮廓分割的基础上设计并实现了从临床 CT 数据快速测量肝脏体积,以及计算肝组织密度的方法,为临床病理分析提供量化数据。
- 充分利用现代可编程图形硬件 (GPU) 的纹理插值能力和可编程能力,并采用纹理分块方法来管理大容量的体数据,实现了较大规模的实时体绘制算法,并给出了 CT 数据集的渲染结果和详细的性能分析数据。
- 在虚拟手术方面进行了探索,实现了主动式和被动式的立体显示方法,对影响立体显示效果的因素进行了研究。

关键词: 图像分割; 体绘制; 立体显示

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

The modeling and simulation of human organs is one of the frontier areas of biomedicine research. It is a multi-disciplinary topic, including computer science, physics, electronics and related medical knowledge. Hepar is the largest digestive organ within human body. Hepatic virtualization and surgery planning system might play a significant role in the practice of medicine.

This thesis focuses on some key techniques of hepatic virtualization and surgery planning system. First, the segmentation result of many classic algorithms is investigated, and a new algorithm for extracting hepatic outline from clinic CT data set is explored. Based on the segmentation's result, hepatic volume measure and density calculation is implemented. Second, volume rendering, an important technique in medical visualization, is studied. Because of the slow rendering rate of traditional algorithms and mess medical volume data, a real-time volume rendering method using programmable graphics hardware is introduced. Final, the fundamental and implementation of stereo vision in virtual reality environment is discussed.

The main contributions of this thesis are mainly in the following aspects:

- An improved Region-Competition active contour algorithm based on the traits of clinic CT data and its robust implementation using level set method is introduced in order to extract hepatic outline. The method is more efficient than the manual segmentation and more accurate than the automatic segmentation.
- Based on the segmentation's result of hepatic outline, a method of hepatic volume measure and density calculation is designed and implemented, which offers statistical data for pathology analysis.
- A real-time volume rendering approach using GPU is presented. It fully exploits the programmable capability of modern graphics hardware, and uses bricking method to manage large data set. The rendered image of CT

data set and detailed performance analysis are provided.

- The appliance of virtual reality on surgery is explored Implementations of active stereo and passive stereo are completed. In practice, some factors which may impact the degree of stereo affect are studied.

Keywords: Image Segmentation; Volume Rendering; Stereoscopic Display

目 录

摘要	i
Abstract	iii
目录	v
Contents	ix
第一章 绪论	1
1.1 数字化虚拟人研究现状	1
1.2 虚拟器官研究现状	2
1.3 虚拟肝脏研究的意义与现状	3
1.4 本文的研究工作及创新之处	4
1.5 本文的组织结构	5
第二章 医学图像基础	7
2.1 计算机断层扫描技术 (CT)	7
2.1.1 基本结构	7
2.1.2 工作原理	7
2.1.3 CT 图像与 CT 值	8
2.1.4 螺旋 CT	10
2.2 DICOM 医学图像格式	11
2.2.1 由来	11
2.2.2 DICOM 文件格式	11
2.3 DICOM 文件序列的读取	12
2.4 本章小结	14

第三章 肝脏的轮廓提取与定量分析	15
3.1 肝脏的轮廓提取与定量分析的意义	15
3.2 肝脏轮廓分割中的难点	15
3.3 经典图像分割方法实验	17
3.3.1 基于边缘的分割算法	17
3.3.2 基于区域的分割算法	20
3.4 基于活动轮廓模型的肝脏表面轮廓的分割	25
3.4.1 活动轮廓模型	26
3.4.2 改进的活动轮廓模型	28
3.4.3 应用 Level Set 方法求解曲线演化问题	32
3.4.4 实验及结果	35
3.5 肝脏的定量分析	37
3.6 本章小结	38
第四章 基于 GPU 硬件加速的体绘制技术	41
4.1 体绘制技术概述	41
4.1.1 物理背景	41
4.1.2 体数据	43
4.1.3 体绘制算法综述	45
4.2 可编程图形硬件	48
4.2.1 可编程图形硬件架构	48
4.2.2 图形编程接口	50
4.3 基于 GPU 硬件加速的实时体绘制技术	52
4.3.1 基于三维纹理硬件的体绘制过程	53
4.3.2 体数据分块策略	53
4.3.3 体数据的切片分解	56
4.3.4 分类与传递函数	58
4.3.5 图像合成	62
4.4 重建结果与性能分析	63

4.4.1	重建结果	63
4.4.2	性能分析	65
4.5	本章小结	70
第五章	虚拟现实中立体视觉的研究	71
5.1	虚拟现实技术	71
5.2	立体显示原理	72
5.2.1	深度暗示	72
5.2.2	立体深度暗示	73
5.3	立体透视投影的计算	75
5.3.1	单视点投影中的几何计算	76
5.3.2	立体投影中的几何计算	79
5.4	立体图像的计算机生成	80
5.4.1	主动式立体显示	81
5.4.2	被动式立体显示	86
5.5	立体显示中参数选取的研究	88
5.6	本章小结	90
第六章	总结与展望	91
6.1	总结	91
6.2	展望	92
	参考文献	95
	致谢	105
	硕士期间发表文章目录	107

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chinese Abstract	i
English Abstract	iii
Chinese Contents	v
Table of Contents	ix
1 Introduction	1
1.1 Virtual Human	1
1.2 Virtual Human Organ	2
1.3 Virtual Hepar	3
1.4 Research and Innovation	4
1.5 Structure of Thesis	5
2 Medical Image	7
2.1 Computer Tomography (CT)	7
2.1.1 Structure	7
2.1.2 Principle	7
2.1.3 CT Image and CT Value	8
2.1.4 Spiral CT	10
2.2 DICOM Format	11
2.2.1 History	11
2.2.2 DICOM Format	11
2.3 Reading DICOM File Series	12
2.4 Conclusion	14

3	Hepatic Outline Extration and Quantitative Analysis	15
3.1	Significance	15
3.2	Difficulties	15
3.3	Classic Segmentation Alogrithms	17
3.3.1	Edge Based Segmentation	17
3.3.2	Region Based Segmentation	20
3.4	Hepatic Outline Extration Based on Active Contour Model	25
3.4.1	Active Contour Model	26
3.4.2	Improved Active Contour Model	28
3.4.3	Solving The Contour Evolution Equation Using The Level Set Method	32
3.4.4	Experimentation and Result	35
3.5	Hepatic Quantitative Analysis	37
3.6	Conclusion	38
4	GPU–Accelerated Based Volume Rendering Technology	41
4.1	Introduction of Volume Rendering	41
4.1.1	Physical Background	41
4.1.2	Volume Data	43
4.1.3	Summary of Volume Rendering Algorithms	45
4.2	Programmable Graphics Hardware	48
4.2.1	The Graphics Pipeline	48
4.2.2	APIs	50
4.3	GPU–Accelerated Based Realtime Volume Rendering Technology	52
4.3.1	Principles of 3D–Texture Based Volume Rendering	53
4.3.2	Bricking	53
4.3.3	Slice Decomposition	56
4.3.4	Classification and Transfer Functions	58
4.3.5	Compositing	62

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库